



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
17.04.1996 Patentblatt 1996/16

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>: G01R 33/09

(21) Anmeldenummer: 95113138.2

(22) Anmeldetag: 22.08.1995

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
DE FR GB

(30) Priorität: 15.10.1994 DE 4436876

(71) Anmelder: LUST ANTRIEBSTECHNIK GmbH  
D-35633 Lahnu-Waldgtrmes (DE)

(72) Erfinder:  
• Dettmann, Fritz  
D-35764 Sinn-Edingen (DE)

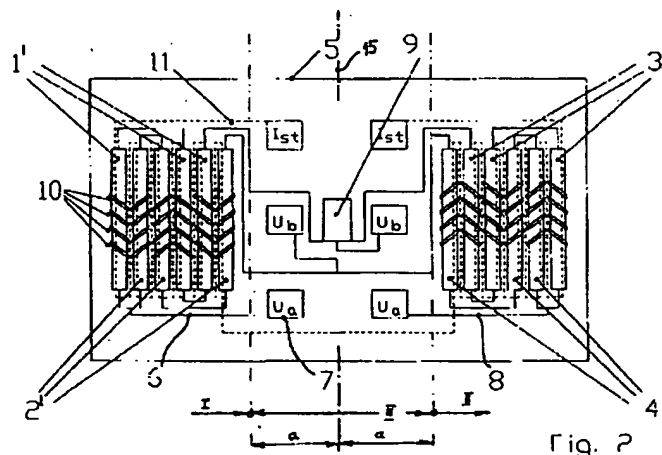
• Loreit, Uwe  
D-35580 Wetzlar (DE)  
• Kunze, Jürgen  
D-35585 Wetzlar (DE)  
• Lust, Karl-Heinz  
D-35633 Lahnu (DE)

(74) Vertreter: Missling, Arne, Dipl.-Ing.  
Patentanwalt  
Bismarckstrasse 43  
D-35390 Glessen (DE)

(54) **Sensorchip**

(57) Die Messung von Magnetfeldgradienten gestaltet sich schwierig, weil dafür zur Verfügung stehende Sensorelemente nur einen begrenzten Linearitätsbereich aufweisen, weil ihre Empfindlichkeit stark von der Temperatur und von Hilfsfeldmagnetfeldern abhängig ist und außerdem diese Empfindlichkeit eine erhebliche Exemplarstreuung aufweist. Dagegen ist nunmehr die Anordnung einer Wheatstone-Brücke mit magnetoresistiven Widerständen so getroffen, daß zum einen zwei symmetrische Bereiche (I,II) vorgesehen sind, in denen jeweils ein Widerstand (1,2 und 3,4) eines jeden Brückenastes (4,B) angeordnet ist, und daß darüberhin-

aus alle anderen Bauelemente ebenfalls mit hochgradiger Symmetrie ausgeführt sind. Dadurch entsteht in dem Sensorchip (5) ein symmetrischer Temperaturgradient, der das Ausgangssignal der Brücke nicht beeinflußt. Eine temperaturabhängige Nullpunktdrift entfällt ebenfalls. Der für die Trimmung erforderliche, veränderbare Widerstand (9) wird als einziges singuläres Bauteil direkt in der Mittelachse (15) angeordnet und stört die Messung ebenfalls nicht. Die Anordnung ist vor allem für die potentialfreie Messung von Stromstärken geeignet.



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Sensorchip mit einer Brückenschaltung in Form einer Wheatstone-Brücke zum Messen von Gradienten der magnetischen Feldstärke, bestehend aus vier magnetoresistiven und in zwei Bereichen mit Abstand zu einer gemeinsamen Mittelachse symmetrisch angeordneten Widerständen, von denen je zwei in Reihe geschaltete Widerstände jeweils einen Brückenast der Wheatstone-Brücke bilden, wobei die Widerstände als magnetoresistive Schichtstreifen ausgebildet sind, sowie eine Anordnung zum Messen von elektrischen Strömen mit Hilfe eines solchen Sensorchips.

Ein Sensorchip dieser Art ist aus der Patentschrift DE 42 12 737 C1 bereits bekannt.

Meßanordnungen zur Bestimmung von Magnetfeldgradienten dienen insbesondere zur potentialfreien Messung der Stromstärke eines elektrischen Stromes, der ein derartiges Magnetfeld hervorruft. Da die gesamte Umgebung eines auf diese Weise zu bestimmenden Magnetfeldes stets schon mit großräumigen Störmagnetfeldern behaftet ist, liegt es nahe, mit Hilfe von Magnetfeldgradienten zwischen dem auszumessenden und einem Störmagnetfeld zu unterscheiden.

Solche Anordnungen sind aus den Patentschriften DD 155 220 und DD 275 745 ebenfalls bereits bekannt. Dabei werden magnetoresistive Sensorelemente eingesetzt, da deren Empfindlichkeit groß genug ist, um Ströme über einen großen Meßbereich nachzuweisen. Der Linearitätsbereich derartiger Sensorelemente ist allerdings begrenzt. Ihre an und für sich hohe Empfindlichkeit ist stark von der Temperatur und von einem an den Sensorelementen anzubringenden Hilfsmagnetfeld abhängig. Die Empfindlichkeit der einzelnen Sensorelemente ist darüberhinaus sehr unterschiedlich.

In der unveröffentlichten Patentanmeldung P 43 00 605.1-35 der Anmelderin ist deshalb ein Sensorchip angegeben, bei dem das Ausgangssignal einem auszumessenden elektrischen Strom proportional, dessen Empfindlichkeit weder temperatur- noch hilfsmagnetfeldabhängig sein und der stets eine etwa gleiche Empfindlichkeit aufweisen soll. Zur Kompensation der Störgrößen geht dabei diese Anordnung davon aus, daß die Bereiche jeweils einen Widerstand des einen und einen Widerstand des anderen Brückenastes umfassen und diese symmetrisch zur Mittelachse angeordnet sind.

Die Erfindung übernimmt den Gedanken der symmetrischen Anordnung der Schichtstreifen und hat sich die Aufgabe gestellt, einen eingangs näher bezeichneten Sensorchip bezüglich seiner Abhängigkeit von einem an ihm wirksamen Temperaturgradienten zu verbessern und eine Anordnung zum Messen von elektrischen Strömen mit Hilfe eines solchen Sensorchips anzugeben. Das Ausgangssignal soll dabei einem auszumessenden elektrischen Strom proportional und die Empfindlichkeit des Sensorchips weder temperatur- noch hilfsmagnetfeldabhängig und stets etwa konstant sein.

Diese Aufgabe wird für den Sensorchip durch die im Anspruch 1 und für eine Anordnung zum Messen von elektrischen Strömen mit Hilfe eines Sensorchips durch die im Anspruch 17 angegebenen Merkmale gelöst.

Besondere Ausführungsarten der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die Erfindung löst die Aufgabenstellung in überraschend einfacher Weise. Das Ausgangssignal des Sensorchips hat einen unbegrenzten Linearitätsbereich und ist weder temperatur- noch hilfsmagnetfeldabhängig. Die Exemplarstreuung ist äußerst gering, da die Topographie des Sensorchips mit Hilfe der Mikrostrukturierung sehr präzise gefertigt werden kann.

Da der Abstand der beiden Bereiche, das heißt die Basislänge des Gradiometers, klein gehalten werden kann, ist auch die Beeinflussung durch Störmagnetfelder unerheblich, deren Quellen einen von der Meßanordnung dagegen großen Abstand haben.

Eine Anordnung mit einem erfindungsgemäßen Sensorchip besitzt einen hohen Grad an geometrischer Symmetrie als Voraussetzung für eine symmetrische Erwärmung des Sensorchips im Betrieb. Die spiegelbildliche Ausführung der paarweisen, parallel geschalteten Schichtstreifen schaltet einen Temperaturgradienten gleich im selben Brückenast aus, so daß eine spätere Kompensation entfällt. Durch die betriebsstromverursachte symmetrische Temperaturerhöhung wird in allen Schichtstreifen der Wheatstone-Brücke eine gleiche Drehung der Magnetisierung und infolgedessen eine gleiche Widerstandsänderung hervorgerufen. Damit ist, über die eigentliche Aufgabenstellung der Erfindung hinaus, auch die temperaturabhängige Nullpunkt drift in dem Sensorchip weitgehend beseitigt.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der Zeichnung an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. Es zeigen

- Fig. 1 eine Wheatstone-Brücke nach dem Stand der Technik,
- Fig. 2 einen Sensorchip gemäß der Erfindung,
- Fig. 3 die Verbindung eines erfindungsgemäßen Sensorchips mit einer Stromleitung zur Messung des in dieser fließenden Stromes und
- Fig. 4 die Ausbildung der Anschlußkontakte und der Stromführung bei einer Anordnung entsprechend Fig. 3.

In Fig. 1 ist eine Brückenschaltung in Form einer Wheatstone-Brücke gezeigt, bei der zwei magnetoresistive Widerstände 1 und 2 in einem ersten Brückenast A und zwei weitere magnetoresistive Widerstände 3 und 4 in einem zweiten Brückenast B, jeweils in Reihe geschaltet, angeordnet sind. Die Wheatstone-Brücke wird mit einer Betriebsspannung  $U_b$  versorgt, als Ausgangssignal dient die Ausgangsspannung  $U_a$ . Unter mindestens einem der Widerstände 1 bis 4 ist ein gegen

diesen isolierter Dünnschicht-Streifenleiter vorgesehen; um gleiche Bauteile zu erhalten, ist es naheliegend, daß unter jedem der Widerstände 1 bis 4 ein Dünnschicht-Streifenleiter vorgesehen ist. Die Dünnschicht-Streifenleiter, die in der Zeichnung weggelassen sind, weil ihre Anordnung dem Fachmann geläufig ist, werden durch die Steuerleitung 11 von dem Steuerstrom  $I_{st}$  durchflossen. Eine derartige Anordnung entspricht dem Stand der Technik.

Die Einzelheiten des erfindungsgemäßen Sensorchips sind in der Darstellung der Fig. 2 zu erkennen. Der Sensorchip 5 umfaßt zwei Bereiche I und II, die gleich weit mit dem Abstand  $a$  von einer Mittelachse 15 beginnend jeweils zwei magnetoresistive Widerstände 1, 2 und 3, 4 umfassen. Die Widerstände 1, 2, 3, 4 bestehen ihrerseits aus jeweils drei unter sich und zu den übrigen parallelen Schichtstreifen 1', 2', 3', 4' die in bekannter Weise mit Barberpol-Strukturen 10 sind. Die Barberpol-Strukturen 10 sind bei allen Widerständen 1, 2, 3, 4 spiegelbildlich gleich. Dadurch ist dafür gesorgt, daß nur ein anliegender Feldgradient die Brücke aussteuert. Nach wie vor befinden sich die Widerstände 1, 2 und die Widerstände 3, 4 jeweils auf ein und demselben Brückenast A, B; in den Bereichen I und II sind jeweils zwei Widerstände 1, 2 und 3, 4 aus den Brückenast A, B räumlich zusammengefaßt. Dies wird auch durch die eingezeichneten elektrischen Leitungen 6 zwischen den Schichtstreifen 1', 2', 3', 4' und den von den Schichtstreifen 1', 2', 3', 4' nach außen führenden Leitungen 8 deutlich. Die Leitungen 8 verbinden Flächenstücke 7 mit den Schichtstreifen 1', 2', 3', 4'. Die Flächenstücke 7 bilden, in einer Ebene gelegen, aus dem Sensorchip 5 herausführende Kontakte für die Betriebsspannung  $U_b$  und die Ausgangsspannung  $U_a$ . Zwei weitere Flächenstücke 7 dienen als Außenkontakte für die Zuführung des Steuerstromes  $I_{st}$ . Die Flächenstücke 7 sind im zentralen Bereich III des Sensorchips 5 symmetrisch zur Mittelachse 15 angeordnet.

Im Bereich dieser Mittelachse 15 befindet sich weiterhin ein änderbarer Widerstand 9, der in der dargestellten Weise mit den Brückenast A, B der Wheatstone-Brücke in Reihe geschaltet ist. Der Widerstand 9 kann mechanisch oder mittels Laser abgetragen werden, wobei diese Abtragung so erfolgt, daß die Symmetrie der Gesamtanordnung erhalten wird.

Die Ausgangsspannung  $U_a$  wird einem nicht gezeichneten Verstärker zugeführt. Dessen Ausgang, der der Steuerstrom  $I_{st}$ , wird so eingestellt, daß die Wirkung des äußeren Magnetfeldgradienten am Ort der Schichtstreifen 1', 2', 3', 4' aufgehoben ist. Der Steuerstrom  $I_{st}$  bildet das Ausgangssignal der Anordnung. Er ist dem Magnetfeldgradienten direkt proportional und ist nicht von der Temperatur und von großräumigen Störmagnetfeldern abhängig. Durch die erfindungsgemäße Anordnung der weitgehenden Achssymmetrie am Sensorchip 5 ist dafür gesorgt, daß die auftretende Erwärmung in Symmetrie zur Mittelachse 15 erfolgt. Die durch Magnetostriktion bewirkten Widerstandsänderungen in den Schichtstreifen 1', 2', 3', 4' sind deshalb überall gleich

und bewirken keine Änderung der Ausgangsspannung  $U_a$ . Eine Nullpunktdrift in Abhängigkeit der Temperatur ist damit weitgehend unterdrückt. Auch das Trimmen der Wheatstone-Brücke erfolgt in achssymmetrischer Weise, da der Widerstand 9 in der Mittelachse 15 angeordnet ist. Auf diese Weise läßt sich die Ausgangsspannung  $U_a$  in Richtung Null einstellen, wenn kein Magnetfeldgradient vorhanden ist.

Die Fig. 3 und 4 zeigen die Anwendung eines erfindungsgemäßen Sensorchips 5 bei der Messung der Stromstärke  $I_0$  eines elektrischen Stromes  $I_0$  durch eine Leitung 14. Der Sensorchip 5 ist gegen die Leitung 14 durch eine Isolierung 13 elektrisch getrennt. Es sind zwei Leitungen 14 vorgesehen, die vom Strom  $I_0$  in der in Fig. 3 dargestellten Weise durchflossen werden. Dadurch entsteht ein Magnetfeldgradient, der dem Strom  $I_0$  in der Leitung 14 proportional ist. Störmagnetfelder, die durch in der Nähe vorbeifließende andere Ströme hervorgerufen sein können, haben auf das Ausgangssignal, den Steuerstrom  $I_{st}$ , keine Wirkung, da ihr Magnetfeld auf die beiden symmetrischen Bereiche I und II in gleichem Maße einwirkt. Dazu trägt bei, daß die Abstände zwischen den Bereichen I und II kleiner als 1 mm sind.

Die Fig. 4 zeigt ein komplettes Bauelement zur potentialfreien Messung der Stromstärke  $I_0$ . Beide Leitungen 14 sind hier so geformt, daß wiederum ein Magnetfeldgradient am Ort des Sensorchips 5 entsteht. Die Isolierung 13 zwischen dem Sensorchip 5 und der Leitung 14 und die Anordnung der Bauelementepins für den Strom  $I_0$  und für die Versorgung des Sensorchips 5 auf entgegengesetzten Seiten des Bauelementes sorgen hier für eine hohe Schutzisolationsspannung.

#### Aufstellung der verwendeten Bezugszeichen

1, 2, 3, 4	(magnetoresistiver) Widerstand
1', 2', 3', 4'	Schichtstreifen
5	Sensorchip
6	Leitung
7	Flächenstück
8	Leitung
9	(änderbarer) Widerstand
10	Barberpol-Struktur
11	Steuerleitung
13	Isolierung
14	Leitung
15	Mittelachse
I, II, III	Bereich
a	Abstand
A, B	Brückenast
$I_0$	Strom, Stromstärke
$I_{st}$	Steuerstrom
$U_a$	Ausgangsspannung
$U_b$	Betriebsspannung

#### Patentansprüche

1. Sensorchip mit einer Brückenschaltung in Form einer Wheatstone-Brücke zum Messen von Gradi-

- enten der magnetischen Feldstärke, bestehend aus vier magnetoresistiven und in zwei Bereichen (I,II) mit Abstand (a) zu einer gemeinsamen Mittellachse (15) symmetrisch angeordneten Widerständen (1,2,3,4), von denen je zwei in Reihe geschaltete Widerstände (1,2;3,4) jeweils einen Brücken-  
 5       zweig (A,B) der Wheatstone-Brücke bilden, wobei die Widerstände (1,2,3,4) als magnetoresistive Schichtstreifen (1',2',3',4') ausgebildet sind, dadurch gekennzeichnet, daß  
 10       (a) die Bereiche (I,II) jeweils die beiden Widerstände (1,2;3,4) ein und desselben Brücken-  
       zweiges (A,B) umfassen und  
       (b) innerhalb eines Bereiches (I,II) die entsprechenden magnetoresistiven Schichtstreifen (1',2',3',4'), insbesondere bezüglich einer an  
       ihnen vorgesehenen Barterpol-Struktur (10),  
       spiegelbildlich gleich zueinander ausgeführt  
       und angeordnet sind.
2. Sensorchip nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Widerstände (1,2;3,4) aus jeweils  
 25       mindestens zwei Schichtstreifen (1',2',3',4') bestehen, wobei jeder Schichtstreifen (1',2',3',4') eines  
       Widerstandes (1,2;3,4) spiegelbildlich gleich mit einem Schichtstreifen (2',1';4',3') des anderen  
       Widerstandes (2,1;4,3) ausgeführt und jeweils zwei Schichtstreifen (1',2',3',4') der beiden Widerstände  
       (1,2;3,4) paarweise angeordnet sind.
3. Sensorchip nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schichtstreifen (1',2',3',4')  
 35       bezüglich ihrer Längsachse parallel zueinander angeordnet sind.
4. Sensorchip nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß sich über oder unter  
 40       mindestens einem Schichtstreifen (1', 2', 3', 4') ein gegen diesen isolierter Dünnschicht-Streifenleiter befindet, durch den ein meßbarer elektrischer Steuerstrom ( $I_{st}$ ) fließen kann.
5. Sensorchip nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Steuerstrom ( $I_{st}$ ) so wählbar ist,  
 45       daß von der Wheatstone-Brücke gemessene Änderungen der magnetischen Feldstärke kompensiert werden.
6. Sensorchip nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Dünnschicht-Streifenleiter  
 50       vorgesehen sind.
7. Sensorchip nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß über oder unter jedem Schichtstreifen  
 55       der Widerstände (1 bis 4) ein Dünnschicht-Streifenleiter vorgesehen ist.
8. Sensorchip nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Dünnschicht-Streifenleiter symmetrisch zur  
 Mittellachse (15) angeordnet sind.
9. Sensorchip nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein änderbarer,  
 magnetoresistiver Widerstand (9) mit den Brücken-  
 10       zweigen (A; B) der Wheatstone-Brücke in Reihe geschaltet ist.
10. Sensorchip nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Oberfläche  
 des Sensorchips (5) als Flächenstücke (7) ausgeführte Kontakte für die Betriebsspannung ( $U_b$ ) und  
 15       die Ausgangsspannung ( $U_a$ ) der Wheatstone-Brücke und gegebenenfalls für den Steuerstrom ( $I_{st}$ )  
       vorgesehen sind.
11. Sensorchip nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Flächenstücke (7) symmetrisch  
 20       zur Mittellachse (15) angeordnet sind.
12. Sensorchip nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Flächenstücke (7) im zentralen  
 Bereich (III) des Sensorchips (5) liegen.
13. Sensorchip nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die magnetoresistiven  
 25       Schichtstreifen (1', 2', 3', 4') in einer Ebene angeordnet sind.
14. Sensorchip nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die zwischen den Schichtstreifen (1',  
 2', 3', 4') und/oder zwischen diesen und den Flächenstücken (7) erforderlichen elektrischen Leitungen  
 30       (6;8) in der gleichen Ebene angeordnet sind.
15. Sensorchip nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß jeder änderbare  
 Widerstand (9) symmetrisch zur Mittellachse (15) angeordnet ist.
16. Sensorchip nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Widerstand (9) durch mechanische  
 35       Abtragung änderbar ist.
17. Anordnung zum Messen von elektrischen Strömen mit Hilfe eines Sensorchips nach einem der Ansprüche  
 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die zu messenden Ströme in elektrischen Leitungen (14)  
 40       fließen, die symmetrisch zur Mittellachse (15) angeordnet und zu dieser fixiert sind.
18. Anordnung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Leitungen (14) in Reihe geschaltet  
 45       sind.

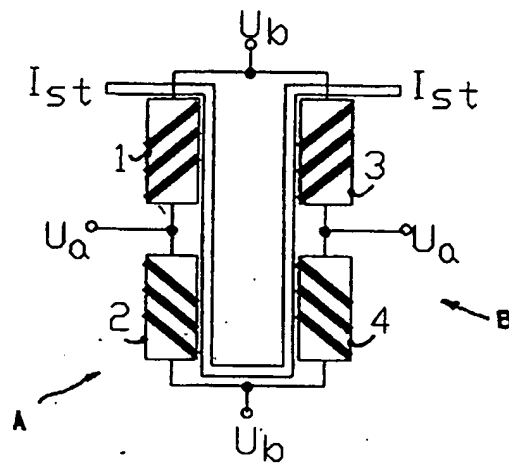


Fig. 1

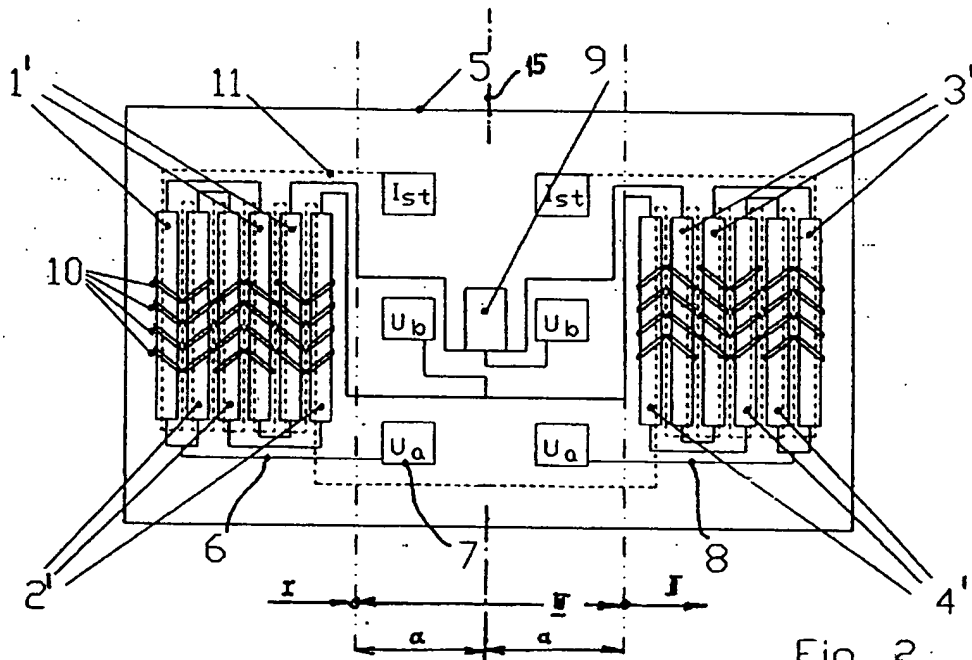


Fig. 2

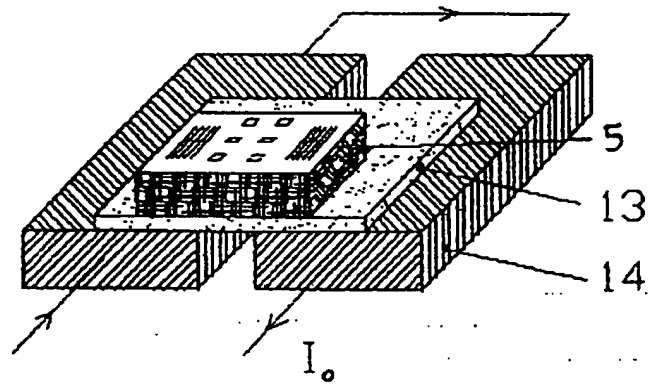


Fig. 3

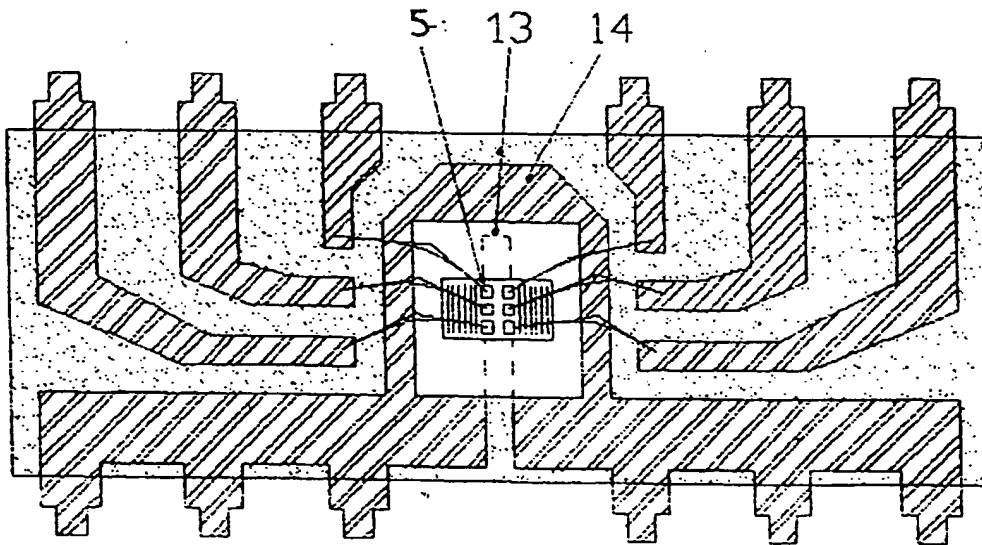


Fig. 4